温度和光周期对绿盲蝽滞育诱导的影响

卓德干[1,2]，李照会[2]，门兴元[1,*]，于　毅[1]，张安盛[1]，李丽莉[1]，张思聪[1]
(1. 山东省农业科学院植物保护研究所，济南 250100；2. 山东农业大学植物保护学院，山东泰安 271018)

摘要：为了阐明环境因子对绿盲蝽 *Apolygus lucorum* Meyer-Dür 卵滞育诱导作用，测定了 3 个温度和 6 个光周期组合处理对绿盲蝽的滞育诱导和绿盲蝽光周期感应的敏感虫态，系统调查了绿盲蝽在不同温度和不同光照组合下所产卵的孵化率。结果表明：绿盲蝽的敏感虫态为 1 龄若虫；在 17℃，20℃和 23℃3 个不同温度下，光照时间小于 14 h 能够促进滞育诱导，光照时间大于 14 h 则有利于个体的发育而抑制滞育产生。短光照对滞育的诱导作用具有累积效应。光照时间在 10 ~ 14 h 范围内，滞育率随着温度的升高而降低；光照时间大于 14 h，温度不再对滞育诱导起作用。在 17℃，20℃和 23℃条件下，绿盲蝽的临界光周期分别为 13 h 10 min∶10 h 50 min (L∶D)，12 h 58 min∶11 h 2 min (L∶D)和 12 h 51 min∶11 h 9 min (L∶D)，随着温度的升高，临界光照长度缩短。结果说明，绿盲蝽属于长日照型昆虫，光照周期是其滞育的主要诱导因子，温度对于滞育诱导起辅助作用，秋季低温能够促进其滞育诱导。

关键词：绿盲蝽；滞育；滞育诱导；光周期；温度；敏感虫态
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2011)09-1082-05

Effects of photoperiod and temperature on diapause induction of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae)

ZHUO De-Gan[1,2], LI Zhao-Hui[2], MEN Xing-Yuan[1,*], Yu Yi[1], ZHANG An-Sheng[1], LI Li-Li[1], ZHANG Si-Cong[1] (1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: To understand the effects of temperature and photoperiod on egg diapause induction of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür, the hatch rate of *A. lucorum* eggs laid by those rearing at 3 temperatures and 6 photoperiods were systematically investigated. The results indicated that the 1st instar larvae of *A. lucorum* was the sensitive stage. The daylength less than 14 h was beneficial to diapause, while the daylength more than 14 h was beneficial to growth and diapause inhabitation at three different temperatures (17℃, 20℃, and 23℃). Short daylength had a cumulative effect on diapause induction. The diapause rate decreased with the increase of temperature in the daylength from 10 h to 14 h, and temperature had no effect on diapause induction in the daylength more than 14 h. The critical photoperiods of *A. lucorum* were 13 h 10 min∶10 h 50 min (L∶D), 12 h 58 min∶11 h 2 min (L∶D) and 12 h 51 min∶11 h 9 min (L∶D) at 17℃, 20℃ and 23℃, respectively. The critical daylength shortened with the increase of temperature. The results suggest that *A. lucorum* is a typical long-day insect, photoperiod is the main factor of diapause induction, temperature is the cofactor of diapause induction, and low temperature in autumn is beneficial to the diapause induction.

Key words: *Apolygus lucorum*; diapause; diapause induction; photoperiod; temperature; sensitive stage

滞育是昆虫系统发育中一种内在的比较稳定的遗传特性，滞育不仅是昆虫克服不良环境条件(如低温、干旱、食物短缺)的一种适应机制，也是昆虫使其生活史保持与季节同步的一种手段(Tauber *et al.*, 1986; Danks, 1987)。诱导昆虫发生滞育的因素主要有光周期、温度和食料等(华爱等，2002)，其中光周期是最有规律的，也是预测季节变化最可靠的无声信息，因此光周期已成为大多数昆虫滞育诱导的主要因子。除此之外，温度也是滞育诱导的最重要的环境因子。研究温度和光周期等环境因子

基金项目：国家自然科学基金重点项目(31030012)；公益性行业科研专项经费项目(201103012)
作者简介：卓德干，男，1986 年生，山东滕州人，硕士，主要从事害虫综合治理研究，E-mail：def456552@163.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail：menxy2000@hotmail.com
收稿日期 Received：2011-01-23；接受日期 Accepted：2011-06-15

对昆虫滞育的影响对于保护利用天敌、害虫的预测预报和防控等具有重要意义。

绿盲蝽 *Apolygus lucorum* Meyer-Dür 属半翅目（Hemiptera），盲蝽科（Miridae），后丽盲蝽属 *Apolygus*，广泛分布于我国的黄河流域和长江流域，寄主范围广，寄主植物有 38 科 147 种。绿盲蝽一直是我国农业上的次要害虫，危害较轻。1997 年，我国开始商业化种植转基因抗虫棉，抗虫棉有效地控制了棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 的危害，同时也导致了棉田的害虫地位发生了一系列的演替，绿盲蝽种群数量剧增，成为了影响我国北方棉花生产的主要害虫。此外，棉田绿盲蝽的严重发生还波及到了枣 *Ziziphus jujuba*、桃 *Amygdalus persica*、葡萄 *Vitis vinifera*、苹果 *Malus pumila*、樱桃 *Cerasus pseudocerasus* 和茶 *Camellia sinensis* 等多种果树和经济作物，成为影响农业生产的重大问题（Wu *et al*., 2002；马晓牧等，2004；Men *et al*., 2005；门兴元等，2008；Lu *et al*., 2010）。绿盲蝽以滞育卵越冬，由于绿盲蝽在作物生长季节经常转移寄主，具有行动迅速和隐藏危害的特点，造成了防治的困难，其越冬代卵初孵期是防控的一个关键时期，因此对绿盲蝽滞育等生物学特性的深入研究，对于了解其生态性、预测预报和有效的防控具有重要意义。

由于绿盲蝽以前只是次要害虫，因此对于绿盲蝽的滞育研究较少，陈培育等(2010)对绿盲蝽滞育卵的形态进行了观察描述，卓德干等(2011)对绿盲蝽的滞育解除机制及滞育后发育进行了研究，而绿盲蝽卵如何进入滞育尚未见报道。为了明确绿盲蝽滞育诱导的关键因子、临界光周期和敏感虫态，我们对绿盲蝽滞育诱导进行了系统的研究。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

2009 年 12 月从山东省滨州市沾化县冬枣园采集绿盲蝽越冬卵，在室内（温度 25 ±1℃，相对湿度 75% ±5%，光照 16L∶8D）用芸豆 *Phaseolus vulgaris* 继代饲养的实验种群。

1.2　实验器材

RXZ 型多段可编程人工气候箱（宁波东南仪器有限公司制造），温度误差为 ±0.5℃，光照强度为 1 000 lx，相对湿度为80% 左右；玻璃养虫瓶（r = 4.5 cm，h = 18 cm）；培养皿（r =6 cm，h =2.5 cm）。

1.3　不同温度和光周期组合处理对绿盲蝽滞育诱导的影响

在 17℃，20℃和 23℃条件下，分别设 8L∶16D，10L∶14D，12L∶12D，13L∶11D，14L∶10D 和 16L∶8D 共 6 个光周期处理。挑选初孵若虫放入有新鲜芸豆的养虫瓶中，每瓶 50 头，分别置于不同温度和光周期条件下的人工气候箱中饲养，每两天更换一次新鲜芸豆。进入成虫期以后，在每个养虫瓶放入 5 张湿润的滤纸，用来收集绿盲蝽卵，每天更换一次滤纸，将带卵的滤纸统一放在 25℃、全光照条件下的养虫室内培养孵化，每天 15:00 观察记录产卵量及卵的孵化数量并计算最终的孵化率。每个处理 4 个重复，每个重复观察 300 粒卵。

1.4　绿盲蝽光周期感应敏感虫态的测定

依据临界光周期的测定结果，在温度 20℃条件下，当光周期为 10L∶14D 时，绿盲蝽卵的滞育率接近 100%，因此用 20℃，10L∶14D 作为诱导滞育的条件。初孵若虫在 23℃，RH 为 80%，16L∶8D 下进行饲养，分别将不同龄期（1 –5 龄）的若虫和成虫各 20 头放置在 20℃，RH 80% 左右条件下进行一个龄期的短光照（10 h/d）处理，然后继续在 23℃、长光照（16 h/d）下进行饲养。羽化成虫交配产卵后，将产出的卵统一放在 25℃、全光照条件下的养虫室内培养孵化，每天 15:00 观察记录产卵量及卵的孵化数量，并计算最终的孵化率。每个处理 4 个重复，每个重复观察 300 粒卵。

1.5　绿盲蝽滞育卵的确定方法

绿盲蝽正常发育的卵在 25℃、全光照条件下经过 8 d 左右就开始孵化，20 d 以内基本孵化完毕，因此我们延后 10 d 将经过 30 d 还没有孵化的卵认定为滞育卵（个别的卵为死亡卵，个数很少可以忽略不计）。

1.6　数据统计与分析

用 Excel 2000 和 SPSS 17.0 等专业软件进行数据处理，用 SPSS 中的 One-Way ANOVA 进行方差分析，用 Duncan 氏新复极差法检验，比较各处理之间的差异水平。

2　结果与分析

2.1　温度和光周期对绿盲蝽卵滞育的影响

从不同温度下的光周期反应曲线（图 1）可以看出，在每天的光照时间为 8 ~16 h 时，绿盲蝽属于典型的长日照发育型，其临界光周期在 17，20 和

23℃下分别为 13 h 10 min∶10 h 50 min (L∶D), 12 h 58 min∶11 h 2 min (L∶D)和 12 h 51 min∶11 h 9 min (L∶D)。短于临界光周期的日照有效地诱导了卵滞育，长于临界光周期的日照有效地抑制了卵滞育的发生。3 个温度下，光周期小于或等于 10L∶14D 时均能诱导 100% 的个体进入滞育。

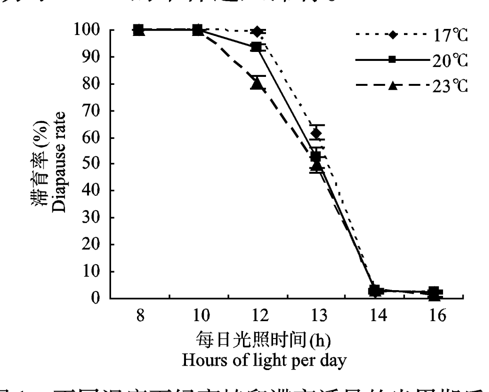


图 1 不同温度下绿盲蝽卵滞育诱导的光周期反应

Fig. 1 Photoperiodic responses of diapause induction in *Apolygus lucorum* eggs at different temperatures

在每天的光照时间为 12 h 和 13 h 时，滞育率随着温度的升高而降低。在光周期为 12L∶12D 条件下，17℃时的滞育率为 99.40%，20℃时的滞育率为 93.53%，而 23℃时的滞育率仅为 80.37%，三者之间存在显著性差异(F = 43.732, df = 2, P < 0.001)；在光周期为 13L∶11D 条件下，17℃时的滞育率为 61.83%，20℃时的滞育率为 52.37%，23℃时的滞育率则为 49.72%，前者显著高于后两者(F = 4.001, df = 2, P = 0.057)。结果说明低温能够促进短日照的滞育诱导，较高温度则对短日照的滞育诱导有一定的抵消作用。

2.2 绿盲蝽光周期感应敏感虫态的测定

结果表明(表 1)，在 20℃条件下，各个龄期的若虫单独饲养在短日照(10L∶14D)条件下，其他发育阶段的绿盲蝽饲养于长光照(16L∶8D)条件下，均发生了不同程度的卵滞育，各龄期若虫的滞育率依次为 59.86%，25.6%，7.29%，5.68%，3.69% 和 3.04%；整个生长期都饲养于短光照条件下，滞育率达到了 100%。很显然，若虫期是感应光周期的敏感期，但 1 龄若虫是感应光周期的最敏感的龄期。结果还表明，短光照对绿盲蝽滞育的诱导作用具有累积作用。

表 1 20℃条件下绿盲蝽不同发育阶段感受光周期 10L∶14D 和 16L∶8D 后的滞育率

Table 1 The egg diapause rate of *Apolygus lucorum* after receiving photoperiod of 10L∶14D and 16L∶8D at different developmental stages at 20℃

处理 Treatment	1 龄若虫 1st instar nymph	2 龄若虫 2nd instar nymph	3 龄若虫 3rd instar nymph	4 龄若虫 4th instar nymph	5 龄若虫 5th instar nymph	成虫 Adult	卵滞育率(%) Egg diapause rate
1	S	L	L	L	L	L	59.86 ± 3.90 b
2	L	S	L	L	L	L	25.60 ± 1.21 c
3	L	L	S	L	L	L	17.29 ± 1.56 d
4	L	L	L	S	L	L	5.68 ± 1.86 e
5	L	L	L	L	S	L	3.69 ± 1.59 e
6	L	L	L	L	L	S	3.04 ± 1.25 e
7	S	S	S	S	S	S	100.00 ± 0.00 a

S：短光照处理 Short photoperiod treatment (10L∶14D)；L：长光照处理 Long photoperiod treatment (16L∶8D). 表中数据为平均值 ± 标准误，同一列数据后不同字母表示经 Duncan 氏多重比较后差异显著(P≤0.05)。The data in table are mean ± SE, and those in the same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test (P≤0.05).

3 讨论

3.1 温度和光周期对绿盲蝽滞育诱导的影响

盲蝽蟓在世界的许多地方都是重要害虫，滞育等生物学特性对于盲蝽蟓的有效治理有重要意义。盲蝽蟓有的以成虫滞育越冬，有的是卵滞育，在美国危害比较严重的牧草盲蝽 *Lygus pratensis*、豆荚草盲蝽 *Lygus hesperus* 和长毛草盲蝽 *Lygus ruglipennis* 等草盲蝽属 *Lygus* 昆虫均以成虫滞育越冬 (Wheeler, 2001; Villavaso and Snodgrass, 2004; Spurgeon, 2009)，危害水稻的赤须盲蝽属的 *Trigonotylus caelestialium* 是卵滞育 (Hiroya and Akihiko, 2005)，这几种盲蝽蟓均是长日照型。绿

盲蝽是以卵滞育越冬，本研究首次揭示了该虫在室内17℃～23℃条件下，短光照能够诱导其卵进入滞育，短光照和低温有利于诱导绿盲蝽卵的滞育，而长光照和高温则有利于个体的发育而抑制滞育产生，这说明绿盲蝽属于典型的长日照型。

光周期在昆虫的滞育诱导中发挥着极其重要的作用。在许多昆虫中，光周期是引起滞育的主要因素，温度只起辅助作用（Chippendale and Reeddy，1973；Chippendale *et al.*，1976）。本研究结果表明，在每天的光照时间为 12 h 和 13 h 时，随着温度的降低滞育率升高，但是当每天的光照时间大于等于 14 h 时，3 种温度条件下诱导的卵基本不能进入滞育，这说明温度对滞育的诱导受光周期的影响，只有在短光照条件下，低温才有利于滞育，这也证明了光周期是引起滞育的重要因素，而温度只起辅助作用。与滞育诱导不同，绿盲蝽滞育解除中，冬季低温是其滞育解除的重要诱导因子，光周期起到一定的促进作用（卓德干等，2011），这反映了绿盲蝽的生态适应性，光周期是最有规律的环境因子，寒带和温带的昆虫以光周期为滞育诱导主要因子，能够保证其在冬季不利环境来临之前准时进入滞育，而以冬季低温为滞育解除的诱导因子，可以使其安全度过寒冷而且使种群的生活周期同步。在 3 种温度条件下，临界光周期不同，在 17℃时的临界光周期为 13 h 10 min∶10 h 50 min（L∶D），20℃和 23℃时的临界光周期变短，分别为 12 h 58 min∶11 h 2 min（L∶D）、12 h 51 min∶11 h 9 min（L∶D），说明在一定温度范围内，随着温度的升高，诱导绿盲蝽滞育的临界光周期缩短，初步反映了临界光周期与温度有关，即在较高温度时需要更短的光照才能引起与较低温度下较长光照相同的滞育效果。这和其他昆虫的有关报道一致，如白蛾周氏啮小蜂 *Chouioia cunea*（孙守慧等，2009）、美凤蝶 *Papilio memnon*（易传辉等，2007）等。由此可见，光周期和温度在调控绿盲蝽滞育过程中共同发挥着作用，这种作用因光照时间和温度的不同而存在较大差异。

3.2　敏感虫态的测定

滞育的敏感虫态是指昆虫在其生活史中能够感受滞育诱导因素的虫态（赵章武和黄永平，1995）。滞育的敏感虫态对某一昆虫而言基本是不变的，但是滞育虫态和敏感虫态的关系在不同的昆虫中有很大的差异。牧草盲蝽、豆荚草盲蝽、长毛草盲蝽等以成虫滞育的盲蝽的敏感虫态是成虫期（Wheeler，2001；Villavaso and Snodgrass，2004；Spurgeon，2009），以卵滞育的昆虫，敏感虫态一般为母性阶段，如家蚕 *Bombyx mori* 以卵滞育，它的敏感虫态是其上个世代的胚胎期（Sabrosky *et al.*，1933）。以卵滞育的赤须盲蝽属的 *T. caelestialium* 的敏感虫态是成虫期（Hiroya and Akihiko，2005）。绿盲蝽的滞育诱导试验证明其敏感期出现在其上个世代的若虫期，其中 1 龄若虫对短日照最敏感，这一结果与上述盲蝽科的敏感虫态均不相同，其生态学意义尚需进一步研究。

参 考 文 献（References）

Chen PY, Feng HQ, Li GP, Guo XR, 2010. Morphological observation of diapause and non-diapause eggs of *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) (Heteroptera: Miridae). *Journal of Henan Agricultural University*, 44(1): 83–85.［陈培育，封洪强，李国平，郭线茹，2010. 绿盲蝽滞育与非滞育卵的形态学观察. 河南农业大学学报，44(1)：83–85］

Chippendale GM, Reddy AS, 1973. Temperature and photoperiodic regulation of diapause of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. *J. Insect Physiol.*, 19: 1397–1408.

Chippendale GM, Reddy AS, Catt CL, 1976. Photoperiodic and thermoperiodic interaction in the regulation of the larval diapause of *Diatraea grandiosella*. *J. Insect Physiol.*, 22: 823–828.

Danks HV, 1987. Insect Dormancy: An Ecological Perspective. Biological Survey of Canada, Ottawa.

Hiroya H, Akihiko T, 2005. Seasonal changes in egg diapause induction and effects of photoperiod and temperature on egg diapause in the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 49(3): 113–118.

Hua A, Xue FS, Zhu XF, 2002. Influence of environmental factors on induction of diapause in insects. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 24(4): 431–435.［华爱，薛芳森，朱杏芬，2002. 环境因素对昆虫滞育诱导的影响. 江西农业大学学报，24(4)：431–435］

Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, Li P, Feng HQ, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328: 1151–1154.

Ma XM, Zhang QW, Cai QN, Xu HL, Li JJ, Zhai LX, Yang YF, 2004. Outbreak of green plant bug in cotton fields of southern Hebei in 2003. *Plant Protection*, 30(3): 90.［马晓牧，张青文，蔡青年，徐环李，李继军，翟雷霞，杨玉枫，2004. 2003 年冀南棉区绿盲蝽暴发危害. 植物保护，30(3)：90］

Men XY, Ge F, Edwards CA, Yardim EN, 2005. The influence of pesticide applications on *Helicoverpa armigera* Hübner and sucking pests in transgenic Bt cotton and non-transgenic cotton in China. *Crop Protection*, 24(4): 319–324.

Men XY, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang JT, Ge F, 2008. Life table of the laboratory population of *Lygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera:

Miridae) at different temperatures. *Acta Entomol. Sin.*, 51(11): 1216 – 1219. [门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张君亭, 戈峰, 2008. 不同温度下绿盲蝽实验种群生命表研究. 昆虫学报, 51(11): 1216 – 1219]

Sabrosky CW, Larson I, Nabours RK, 1933. Experiments with light upon reproduction, growth and diapause in grouse locusts (Acrididae, Tetriginae). *Trans. Kans. Acad. Sci.*, 36: 298 – 300

Spurgeon DW, 2009. Observations of diapause characters in the western tarnished plant bug, *Lygus hesperus*. In: 2009 Beltwide Cotton Conferences, San Antonio, Texas, January 5 – 8, 2009. 807 – 812.

Sun SH, Zhao LW, Qi JY, 2009. Diapause induction and post-diapause development in *Chouioia cunea* Yang (Hymenoptera: Eulophidae). *Acta Entomol. Sin.*, 52(12): 1307 – 1311. [孙守慧, 赵利伟, 祁金玉, 2009. 白蛾周氏啮小蜂滞育诱导及滞育后发育. 昆虫学报, 52(12): 1307 – 1311]

Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S, 1986. Seasonal Adaptations of Insects. Oxford University Press, New York and Oxford.

Villavaso EJ, Snodgrass GL, 2004. Diapause in tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) reared in dynamic photoperiod environmental cabinets. *Agric. Urban Entomol.*, 21(2): 87 – 97.

Wheeler AG, 2001. Biology of the Plant Bugs (Hemiptera: Miridae). Cornell University Press, Ithaca, NY.

Wu K, Li W, Feng H, Guo Y, 2002. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China. *Crop Protection*, 21: 997 – 1002.

Yi CH, Chen XM, Shi JY, Zhou CL, 2007. The effects of photoperiod and temperature on diapause inducing of the Great Mormon butterfly *Papilio memnon* Linnaeus. *Forest Research*, 20(2): 188 – 192. [易传辉, 陈晓鸣, 史军义, 周成理, 2007. 光周期和温度对美凤蝶滞育诱导的影响. 林业科学研究, 20(2): 188 – 192]

Zhao ZW, Huang YP, 1995. The mechanism of regulation and control of insect diapause. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 18(1): 105 – 118. [赵章武, 黄永平, 1995. 昆虫滞育及其调控机制. 山西大学学报(自然科学版), 18(1): 105 – 118]

Zhuo DG, Li ZH, Men XY, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang SC, 2011. Effects of low temperature and photoperiod on diapause termination and developmental duration of the overwintering egg of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae). *Acta Entomol. Sin.*, 54(2): 136 – 142. [卓德干, 李照会, 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪, 2011. 低温和光周期对绿盲蝽越冬卵滞育解除和发育历期的影响. 昆虫学报, 54(2): 136 – 142]

(责任编辑: 袁德成)